



CIVIL FESTIVAL DAY 2017
HIMPUNAN MAHASISWA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI ADHI TAMA SURABAYA

Jl. Arief Rachman Hakim No. 100 Telp (031) 5945043 – 5946331 ext. 182 Surabaya 60117



PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR GEDUNG SESUAI DAYA DUKUNG TANAH DI WILAYAH KOTA SURABAYA

Made Dharma Astawa

Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
E-mail : masdawa@yahoo.com

Abstrak

Perkembangan akselerasi pembangunan infrastruktur di wilayah Kota Surabaya decade akhir ini sangat pesat. Hal ini sangat bersinergi dengan slogan Kota Surabaya sebagai kota Indamardi (Industri, Perdagangan, Maritim dan Pendidikan), selain itu juga Surabaya populer sebagai obyek wisata kota dan wisata religi.

Sebagai bagian dari Pembangunan Infrastruktur ini adalah pembangunan Gedung-gedung baik Gedung Pemerintah maupun Gedung-gedung Swasta. Dalam tulisan ini akan mengkaji secara umum Pembangunan Infrastruktur Gedung sesuai daya dukung Tanah di Wilayah Kota Surabaya. Untuk urusan Pembangunan Gedung-gedung di Wilayah Kota Surabaya dikelola oleh Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya, Permukiman dan Tata Ruang (DPU-CKPTR) Kota Surabaya, yang dibagi menjadi 5(lima) Wilayah; Surabaya Pusat, Utara, Selatan, Barat dan Timur. Daya dukung tanah berupa hasil Sondir akan diberikan beberapa sampel dari masing-masing Wilayah.

Dari hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan masukan/referensi bagi yang berkepentingan dalam melaksanakan Pembangunan Gedung di Wilayah Kota Surabaya.

Kata Kunci: *Bangunan Infrastruktur, Bangunan Gedung, Daya dukung Tanah, Wilayah Surabaya.*

I. PENDAHULUAN.

Untuk mendukung Kota Surabaya sebagai Kota Indamardi, salah satu unsur pendukung adalah Pembangunan Infrastruktur Gedung, baik gedung-gedung Pemerintah maupun Gedung-gedung milik swasta. Gedung-gedung Pemerintah antara lain Gedung Sekolah Dasar dan SMP, Kantor Camat dan Lurah, Gedung Rumah Sakit, Puskesmas, Rusunawa, Gedung Serba Guna, Pasar dan bangunan fasilitas lainnya. Gedung Swasta yang paling semarak adalah Gedung Perhotelan, Mall, Apartemen dan lain-lain.

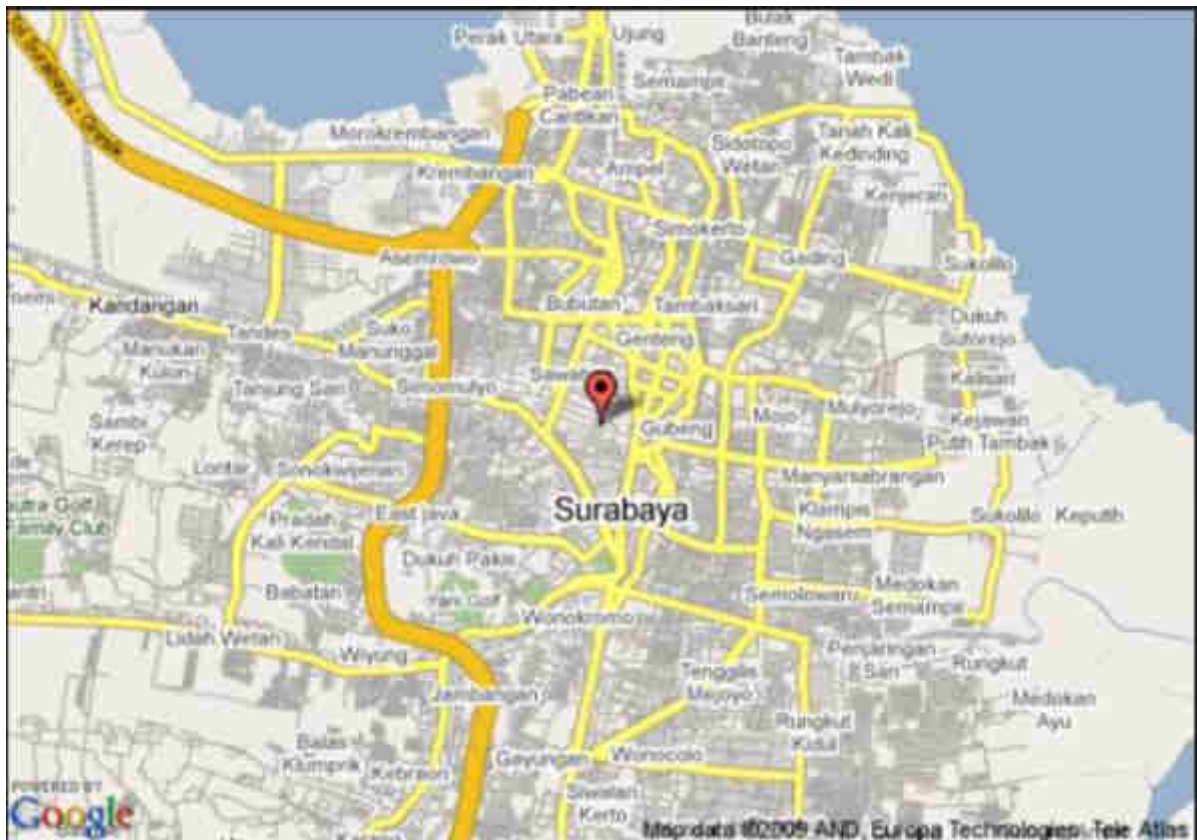
Tata cara Pembangunan Gedung secara Nasional mengacu pada Undang-undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2002, tentang Bangunan Gedung, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2005, tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-undang Nomor 28 Tahun 2002, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (sekarang Kementerian PUPR) Nomor: 06/PRT/M/2007, tentang Pedoman Umum *Rencana Tata Bangunan dan Lingkungan* (RTBL). Definisi RTBL adalah, panduan Rancang Bangun suatu lingkungan/kawasan yang dimaksudkan untuk mengendalikan *Pemanfaatan Ruang, Penataan Bangunan dan Lingkungan*. Panduan ini memuat materi pokok:

1. Program Bangunan dan Lingkungan.
2. Rencana Umum dan Panduan Rancangan.
3. Rencana Investasi.
4. Ketentuan Pengendalian Rencana.
5. Pedoman Pengendalian Pelaksanaan.

Khusus untuk Wilayah Kota Surabaya, mengacu pada:

1. Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 7 Tahun 2009 tentang: Bangunan (Lembaran Daerah Kota Surabaya Tahun 2009 Nomor 7 Tambahan Lembaran Daerah Kota Surabaya Nomor 7).
2. Peraturan Walikota Surabaya Nomor 42 Tahun 2011, tentang Rincian Tugas dan Fungsi Dinas Kota Surabaya terkait Pembangunan Infrastruktur Jalan Kota Surabaya dan Bangunan.
3. Peraturan Walikota Surabaya Nomor 57 Tahun 2015, tentang Pedoman Teknis Pengendalian Pemanfaatan Ruang dalam rangka Pendirian Bangunan di Kota Surabaya.
4. Peraturan Walikota Surabaya Nomor 58 Tahun 2015, tentang Pedoman Teknis Pelayanan Izin Mendirikan Bangunan.

Berikut adalah data Peta Kota Surabaya pada perkembangan terkini yang diambil dari Google Map seperti Gambar 1.1. dibawah ini.



Gambar 1.1. Peta Kota Surabaya (Sumber: Google Map 2017)

II. STUDI PUSTAKA

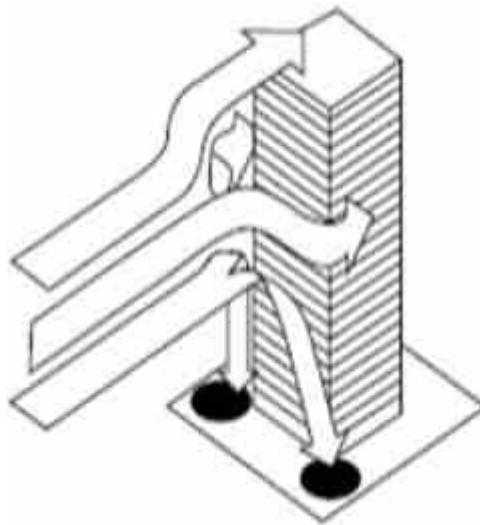
Dalam kajian ini, Studi Pustaka yang dilakukan merujuk pada beberapa pustaka tentang bangunan gedung, baik itu bangunan Gedung Bertingkat tinggi, menengah maupun kategori bangunan bertingkat rendah.

2.1. Bangunan Gedung Tinggi.

Mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 05/PRT/2007, tentang Rumah Susun Bertingkat Tinggi. Kategori Gedung Bertingkat Tinggi apabila bertingkat 8 lantai keatas.

Untuk Gedung Bertingkat Tinggi, beberapa ketentuan yang harus dipenuhi antara lain:

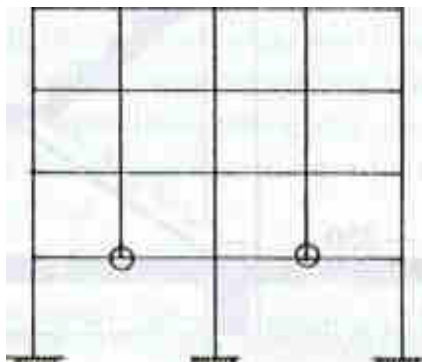
1. Bangunan Gedung Tinggi harus dirancang untuk memiliki Potensi Keberlanjutan, keberlanjutan maksudnya harus mengacu pada desain Struktur, Arsitektur dan efisiensi Energi (Taghizadeh K, Seyedinnoor S, 2013). Energi diantaranya, suhu, tekanan udara, angin, kelembaban dan efek matahari. Dalam kasus tenaga angin (dan juga tenaga surya), perancang gedung bertingkat tinggi yang cerdas dan ramah lingkungan muncul dengan sebuah ide untuk mengurangi tenaga angin pada struktur tubuh global gedung dan menggunakannya untuk pembangkit energy. Ilustrasi untuk mengantisipasi angin pada gedung bertingkat tinggi seperti Gambar 2.1. berikut.



Gambar 2.1. Efek angin pada gedung tinggi

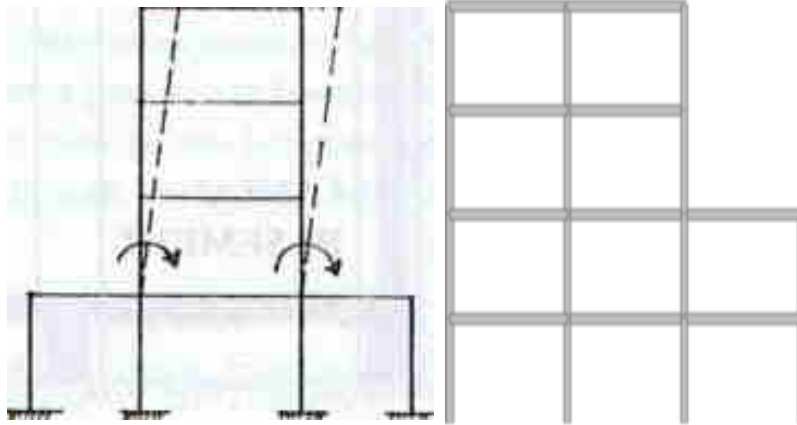
Secara umum ada 3 cara untuk mengurangi efek ini.

- a. Memperkuat Struktur saat angin meningkat
- b. Menggunakan redaman tambahan
- c. Menerapkan strategi bentuk
2. Faktor yang paling penting lagi diperhitungkan adalah ketahanan Struktur terhadap gaya lateral Gempa. Konfigurasi Gedung hindarkan dengan Struktur rangka yang tidak menguntungkan menurut UBC 1997, diantaranya:
 - a. Ada Kolom menggantung



Gambar 2.2. Struktur dengan kolom menggantung

b. Loncatan bidang muka.



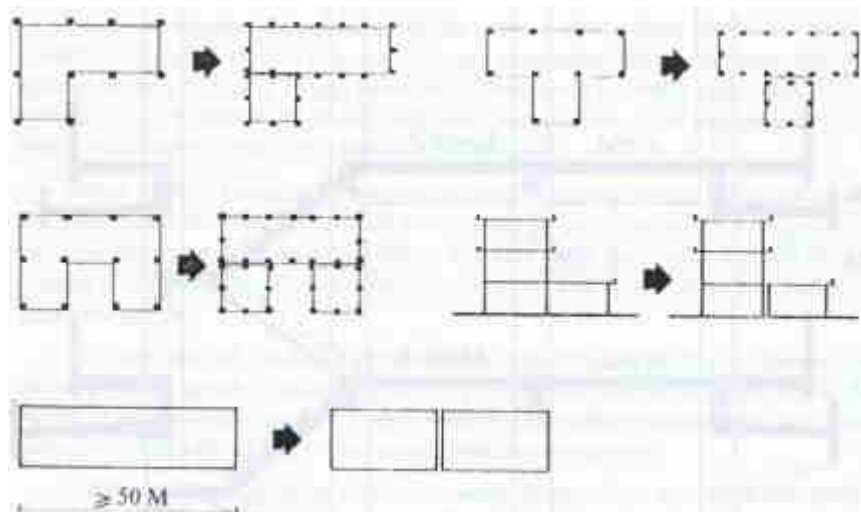
Gambar 2.3. Struktur dengan loncatan bidang muka

c. Kekakuan Balok jauh lebih kaku dibanding dengan Kolomnya.



Gambar 2.4. Kekakuan balok >> kekakuan Kolom

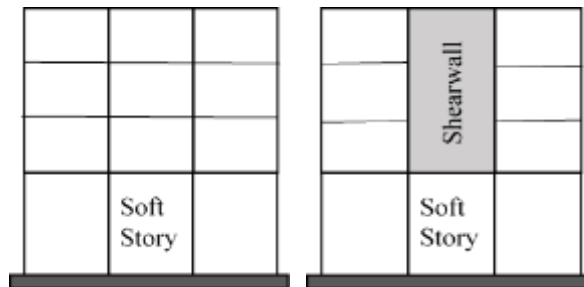
d. Denah Gedung tidak simetris tanpa dilatasi



Gambar 2.5. Denah Gedung tidak beraturan harus ada dilatasi

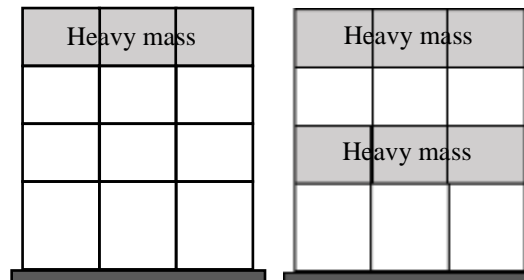
2.2. Bangunan Gedung Bertingkat Menengah

Gedung bertingkat kategori ini adalah gedung bertingkat 4 sampai 7, dengan persyaratan-persyaratan secara umum, untuk mengantisipasi terhadap gaya lateral gempa maka dalam desain struktur juga sedapat mungkin menghindari kolom menggantung, loncatan bidang muka, kekakuan balok yang melebihi kekakuan kolom dan denah gedung yang tidak symetris tanpa dilatasi. Bentuk Struktur dibawah ini menunjukkan ketidak teraturan vertical Struktur versi UBC 1997, sedapat mungkin dihindari dalam mendesain Gedung bertingkat.



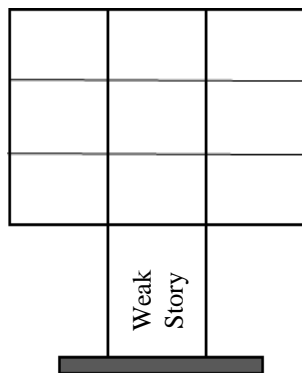
Gambar 2.6. Vertical Stiffness Irregularity-Soft Story

Gambar 2.6. disebut Vertical Stiffness Irregularity-Soft Story, dimana kekakuan tingkat paling bawah $< 70\%$ kekakuan tingkat diatasnya dan $< 80\%$ kekakuan rata-rata 3 tingkat diatasnya. Sedangkan Gambar 2.7. disebut Weight (Mass) Irregularity yaitu massa gedung yang tidak seragam, dimana massa tingkat yang berat $> 150\%$ dari massa tingkat yang berdekatan.

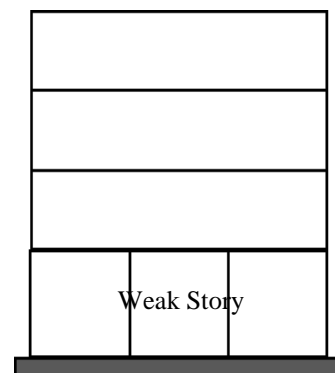


Gambar 2.7. Weight (mass) Irregularity

Selanjutnya Gambar 2.8.(a) menunjukkan Vertical Geometric Irregularity, karena geometri ruang ditingkat atas $> 130\%$ dengan Geometri ruang ditingkat bawah, dan Gambar 2.8.(b) adalah Vertical Strength Irregularity-Weak Story, karena kuat tingkat bawah $> 80\%$ kuat tingkat diatasnya.



Gambar 2.8.(a) Vertical Geometric Irregularity



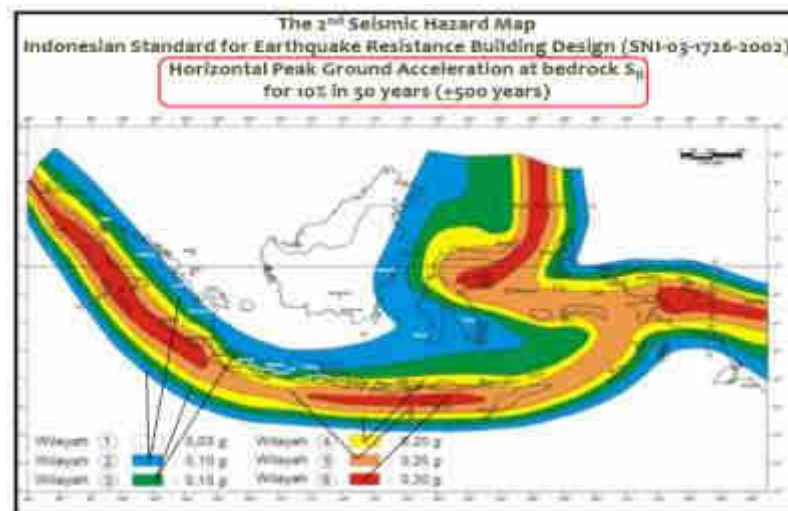
Gambar 2.8.(b) Vertical Strength Irregularity-Weak Story

III. BANGUNAN INFRASTRUKTUR GEDUNG DI SURABAYA

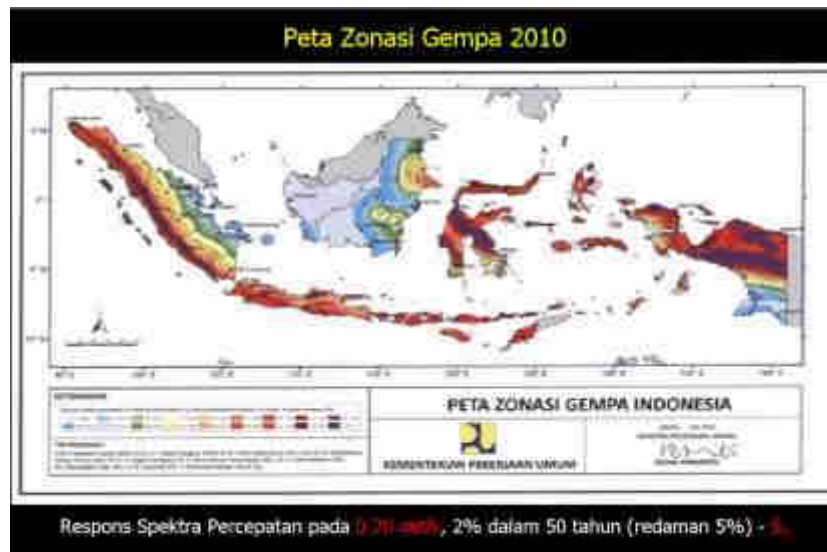
3.1. Wilayah Gempa Kota Surabaya

Pada SNI 03-1726-2002 Kota Surabaya termasuk dalam Wilayah Gempa sedang (WG 2 – 3), perhitungan periode ulang Gempa 50 – 250 tahun, dengan demikian desain Struktur Rangka Gedung dan persyaratan pendetailannya tidak terlalu rumit karena termasuk dalam Struktur Rangka Pemikul Memen Biasa (SRPMB) atau Struktur Rangka Pemikul Memen Menengah (SRPMM).

Tetapi sejak tersusunnya Rancangan Standard Nasional Indonesia (RSNI) 2010, peta Wilayah Kegempaan di Indonesia terjadi perubahan yang cukup signifikan, termasuk wilayah Gempa Kota Surabaya yang sebelumnya berada pada WG 2–3 berubah menjadi WG 5 – 6 (dalam Zona Gempa Kuat), dengan periode ulang Gempa sampai dengan 2500 tahun. Salah satu alasannya adalah Kota Surabaya padat penduduk, mulai banyak bangunan Gedung Tinggi, orang cenderung Workaholic betah kerja sampai larut malam, apabila terjadi gempa kuat dapat mengancam jiwa manusia.

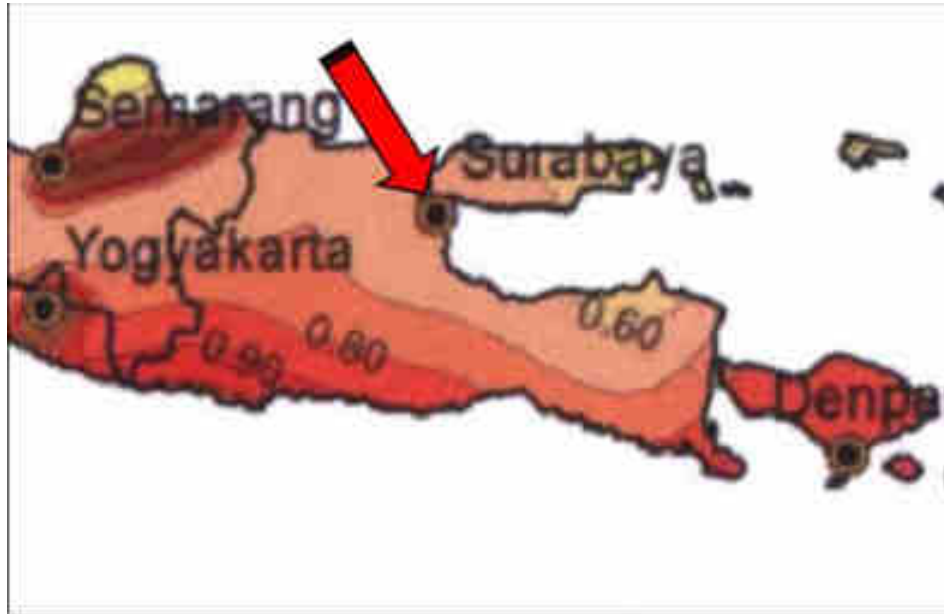


Gambar 3.1. Peta Wilayah Gempa Indonesia menurut SNI 03-1726-2002
(Sumber: SNI 03-1726-2002)



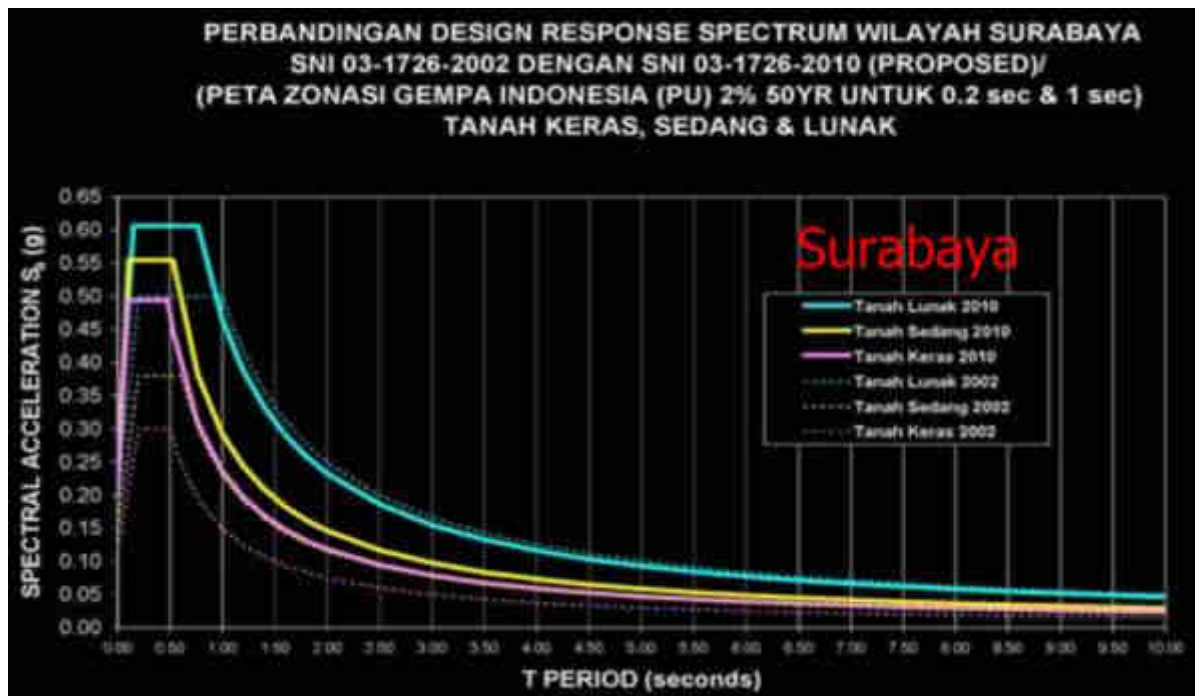
Gambar 3.2. Peta Wilayah Gempa Indonesia Menurut SNI 1726:2012
(Sumber: SNI 1726: 2012)

Hasil zoom dari peta Wilayah Gempa Surabaya seperti Gambar 3.3. berikut, terlihat jelas sangat berbeda dengan peta Gempa dalam SNI 03-1726-2002.



**Gambar 3.3. Detail Peta Gempa untuk Wilayah Surabaya
(Sumber: SNI 1726: 2012)**

Respon Spektra percepatan untuk Wilayah Surabaya pada $S_s = 0,2$ detik, $S_a \approx 0,65g$, seperti terlihat dalam diagram hubungan Spektra Percepatan (S_a) dengan periode waktu getar (S_s atau S_1) pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4. Respon Spektra percepatan Wilayah Surabaya pada $S_s = 0,2$ detik,
 $S_a \approx 0,65g$. (Sumber: SNI 1726: 2012)**

Dampak updating Peta Gempa Indonesia terhadap Konstruksi (Prio Suprobo, 2017), disampaikan pada Workshop Peta Gempa Indonesia, secara konsep dalam perhitungan tersebut sangat dipengaruhi oleh:

1. Waktu Periode ulang Gempa (dipergunakan untuk memilih peta Gempa desain)
 - a. 2500 tahun untuk Bangunan Gedung dan non Gedung
 - b. 500 atau 1000 tahun untuk Jembatan
2. Koefisien yang diperoleh dari Peta Gempa yang digunakan: Peak Ground Acceleration (PGA), Respon Spektra Percepatan 0,2 detik dibatuan dasar (S_s) dan Respon Spektra Percepatan 1 detik dibatuan dasar (S_1).

Konsekuensi perubahan peta gempa mengakibatkan terjadinya perubahan nilai PGA, S_s dan S_1 . Perubahan ini akan menyebabkan terjadinya perubahan response spectrum yang dipergunakan dalam desain. Dengan keluarnya regulasi baru SNI dengan peta gempa yang baru maka konstruksi yang akan didesain atau telah dibangun harus dievaluasi berdasarkan peta gempa yang terakhir ditetapkan oleh peraturan.

Terdapat 3 kondisi yang akan terjadi saat regulasi menetapkan peta gempa baru

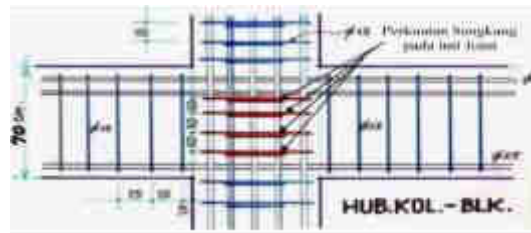
1. Masih dalam Tahap Perencanaan, maka Response Spektrum Gempa diperbaharui
2. Dalam Tahap Pelaksanaan Konstruksi
 - a. Dilakukan evaluasi ulang atas konstruksi meliputi evaluasi kekuatan dan layan
 - b. Dilakukan perubahan di lapangan atau perkuatan tambahan atas konstruksi
3. Telah dibangun:
 - a. Dilakukan evaluasi ulang dengan analisa response spectrum baru (Linier analysis)
 - b. Dilakukan evaluasi menggunakan time history (non linier analysis)
 - c. Dilakukan evaluasi performance based, (Kemampuan konstruksi harus berada di antara batas IO – LS).
 - d. Dilakukan perkuatan tambahan atas konstruksi

3.2. Detailing Hubungan Balok Kolom (HBK) untuk Struktur Tahan Gempa.

Beberapa model HBK sebagai referensi Struktur Rangka Gedung Tahan Gempa antara lain>

1. Sesuai SNI 2847: 2013 dan ACI 318M-11 pasal 21.7.3, tulangan transversal pada joint harus debrikan untuk memenuhi persyaratan Kolom kuat-Balok lemah (Strong Column-Weak Beam) dalam menahan gaya lateral Gempa.

a. HBK Interior



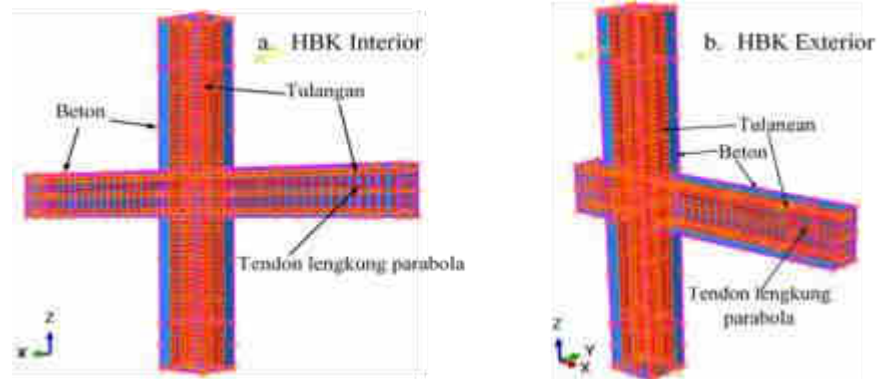
b. HBK Exterior



Gambar 3.5. Perkuatan Tulangan Transversal pada Joint HBK

2. HBK dengan Balok Partial Prestressed

Varian baru Detail HBK dari Kolom Beton Bertulang-Balok Beton Pratekan Parsial (Made D Astawa, 2016). Analisa Pemodelan dengan Numerik lalu modelnya diproduksi kemudian diuji secara Experimental dilaboratorium dengan beban aksial static pada kolom dan beban lateral siklik bolak-balik. Hasilnya sangat memuaskan, dimana prinsip Strong Column-Weak Beam dicapai dengan baik, dan sendi plasis terbentuk ditepi luar kolom. Model Numerik HBK seperti terlihat dalam Gambar 3.6. a. dan b. berikut ini.



Gambar 3.6. HBK Interior dan Exterior dengan Balok Partial Prestress
(Sumber: Made D Astawa, 2016)

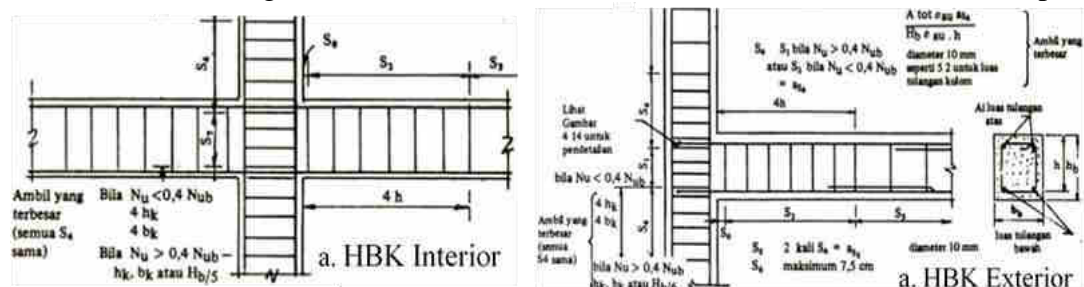
Dokumen hasil uji laboratorium pada Gambar 3.7. membuktikan hasil sendi plastis diujung balok pada tepi luar kolom, berarti desain kapasitas Struktur dengan prinsip Strong Column-Weak Beam berhasil dengan baik.



Gambar 3.7. HBK hasil uji laboratorium dengan sendi plastis
(Sumber: Made D Astawa, 2016)

3. HBK pada Bangunan sederhana.

HBK Exterior untuk struktur bangunan sederhana, pendetailan tidak terlalu rumit, untuk bangunan sederhana sudah memenuhi untuk struktur tahan Gempa.



Gambar 3.8 HBK Bangunan sederhana tahan Gempa

3.3. Implementasi Struktur Bangunan Gedung sesuai kondisi Surabaya.

Sebelum masuk pada system Struktur Bangunan, khususnya yang terkait dengan Daya Dukung Tanah di wilayah Kota Surabaya, ada baiknya menampilkan beberapa data daya dukung tanah hasil sondir dimasing-masing wilayah. Berikut data-data hasil sondir dan daya dukung tanah sesuai jenis pondasi yang cocok. Penyelidikan tanah ini ada beberapa wilayah dilaksanakan oleh Laboratorium Mekanika Tanah ITS, dan Laboratorium Jalan Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Jawa Timur.

Tabel 1: Data Daya Dukung Tiang dari hasil Sondir Wilayah Surabaya Pusat.

| Kedalaman (meter) | Diameter Tiang (cm) | Luas (cm ²) | Keliling (cm) | Nilai Korus (kg/cm ²) | JHP (kg/cm) | Daya Dukung (in Tekan (ton)) | Keterangan |
|-------------------|---------------------|-------------------------|---------------|-----------------------------------|-------------|------------------------------|------------|
| 15.00 | 30 | 706.8 | 94.2 | 6 | 772 | 15.919 | |
| | 35 | 962.1 | 110 | 5 | 773 | 16.875 | |
| | 40 | 1256.6 | 141.4 | 6 | 773 | 24.276 | |

| Kedalaman (meter) | Diameter Tiang (cm) | Luas (cm ²) | Keliling (cm) | Nilai Korus (kg/cm ²) | JHP (kg/cm) | Daya Dukung (in Tekan (ton)) | Keterangan |
|-------------------|---------------------|-------------------------|---------------|-----------------------------------|-------------|------------------------------|------------|
| 24.00 | 30 | 706.8 | 94.2 | 13 | 957 | 21.067 | |
| | 35 | 962.1 | 110 | 13 | 961 | 25.062 | |
| | 40 | 1256.6 | 141.4 | 13 | 965 | 32.691 | |

Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah ITS, 2016.

Tabel 2: Data Daya Dukung Tiang dari hasil Sondir Wilayah Surabaya Utara.

| No. | Titik | Kedalaman | JHP | Cn | P _{tanah} (ton) | | | | | |
|-----|-------|-----------|-----|-----|---------------------------------|--------|--------|-----------------------|---------|---------|
| | | | | | Diameter Tiang Bulat Bulat (Cm) | | | Tiang Pancang Persegi | | |
| | | | | | 30 | 40 | 50 | 30X30 | 40X40 | 50X50 |
| 1 | 1 | 2 | 46 | 5 | 2,04 | 3,25 | 4,72 | 2,052 | 3,403 | 5,087 |
| | | 3 | 100 | 3 | 2,59 | 1,46 | 2,26 | 2,10 | 3,200 | 4,500 |
| | | 4 | 190 | 3 | 0,95 | 1,43 | 2,23 | 3,18 | 4,640 | 6,300 |
| | | 5 | 190 | 3 | 1,02 | 1,43 | 2,23 | 3,18 | 4,640 | 6,300 |
| | | 6 | 234 | 3 | 0,85 | 1,47 | 2,29 | 3,708 | 5,344 | 7,180 |
| | | 7 | 276 | 10 | 2,53 | 4,44 | 6,94 | 6,312 | 9,749 | 13,853 |
| | | 8 | 372 | 15 | 3,73 | 7,32 | 11,43 | 8,964 | 13,952 | 19,940 |
| | | 9 | 454 | 25 | 6,61 | 12,55 | 19,61 | 12,948 | 20,597 | 29,913 |
| | | 10 | 536 | 50 | 13,03 | 25,16 | 39,31 | 21,432 | 35,243 | 52,387 |
| | | 11 | 632 | 80 | 21,46 | 43,48 | 67,94 | 31,584 | 52,779 | 79,307 |
| | | 12 | 732 | 110 | 31,90 | 66,04 | 103,19 | 41,784 | 70,379 | 106,307 |
| | | 13 | 834 | 145 | 45,39 | 95,30 | 148,90 | 53,508 | 90,677 | 137,513 |
| | | 14 | 946 | 210 | 68,40 | 144,53 | 225,83 | 74,352 | 127,136 | 193,920 |
| | | 14,2 | 966 | 220 | 79,35 | 179,79 | 280,92 | 77,592 | 132,789 | 202,653 |
| | | 14,4 | 966 | 250 | 100,37 | 213,73 | 333,96 | 86,592 | 148,789 | 227,653 |

Sumber: Laboratorium Jalan Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Jawa Timur, 2016.

Tabel 3: Data Daya Dukung Tiang dari hasil Sondir Wilayah Surabaya Selatan.
Pondasi Tiang Pancang Ø 40 Cm

| KEDA-LAMAN | Harga Korus minimum | Q _p = Gujung (kg) | Q _{s1} = Q _s (0..8D) kg | Q _{s2} = Q _s (8D..L) kg | ΣQ _s = Q _{s1} +Q _{s2} (Q _{s1} +Q _{s2}) kg | P _{tan} satu tiang (ton) P _{tan} = (b+a)/3 |
|------------|---------------------|------------------------------|---|---|---|---|
| (m) | a | b | c | d | e | f |
| 4.00 | 14.00 | 15,907.28 | 6,144.09 | 3,996.71 | 10,140.80 | 8.88 |
| 5.00 | 16.00 | 22,784.50 | 6,144.09 | 8,610.63 | 14,754.73 | 12.51 |
| 6.00 | 26.00 | 31,562.13 | 6,144.09 | 14,133.00 | 20,277.09 | 17.28 |
| 7.00 | 36.00 | 38,905.22 | 6,144.09 | 19,946.68 | 26,090.77 | 21.67 |
| 8.00 | 40.00 | 44,107.76 | 6,144.09 | 26,801.82 | 32,945.91 | 25.68 |
| 9.00 | 41.00 | 48,614.59 | 6,144.09 | 34,646.39 | 40,790.49 | 29.80 |
| 10.00 | 28.00 | 42,445.41 | 6,144.09 | 40,681.82 | 47,025.91 | 29.82 |
| 11.00 | 41.00 | 49,538.12 | 6,144.09 | 46,714.96 | 52,859.06 | 34.13 |
| 11.60 | 41.00 | 49,722.62 | 6,144.09 | 51,240.68 | 57,384.77 | 35.70 |

Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah ITS, 2016.

Tabel 4: Data Daya Dukung Tiang dari hasil Sondir Wilayah Surabaya Barat.
Pondasi Tiang Pancang Ø 40 Cm

| KEDA-LAMAN | Harga Konus minimum | Qp = Gujung (kg) | Qs1 = Qs(0..80) kg | Qs2 = Qs(80..L) kg | ΣQp = Qs1+ Qs2 (Qs1+Qs2) kg | P _{tan} satu tiang (ton) $P_{tan} = (b+e)/3$ |
|------------|---------------------|------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|--|
| (m) | a | b | c | d | e | f |
| 4.00 | 2.00 | 2,651.56 | 4,513.20 | 2,171.77 | 6,684.97 | 3.11 |
| 5.00 | 2.00 | 2,651.56 | 4,513.20 | 4,886.48 | 9,399.66 | 4.02 |
| 6.00 | 2.00 | 2,791.11 | 4,513.20 | 7,601.19 | 12,114.39 | 4.97 |
| 7.00 | 3.00 | 2,952.22 | 4,513.20 | 10,315.90 | 14,829.10 | 5.93 |
| 8.00 | 3.00 | 3,250.82 | 4,513.20 | 13,030.61 | 17,543.81 | 6.93 |
| 9.00 | 5.00 | 4,876.24 | 4,513.20 | 14,136.89 | 18,650.10 | 7.84 |
| 10.00 | 6.00 | 6,095.29 | 4,513.20 | 15,142.61 | 19,655.81 | 8.58 |
| 11.00 | 5.00 | 5,947.53 | 4,513.20 | 16,146.32 | 20,661.52 | 8.87 |
| 12.00 | 38.00 | 29,683.76 | 4,513.20 | 17,958.61 | 22,471.81 | 17.38 |
| 13.00 | 12.00 | 18,396.71 | 4,513.20 | 19,869.46 | 24,382.67 | 14.26 |
| 14.00 | 40.00 | 40,339.76 | 4,513.20 | 22,182.61 | 26,895.81 | 22.35 |
| 15.00 | 53.00 | 56,556.94 | 4,513.20 | 26,104.89 | 30,618.10 | 29.06 |
| 16.00 | 68.00 | 69,781.88 | 4,513.20 | 29,926.61 | 34,439.81 | 34.74 |
| 17.00 | 38.00 | 55,633.41 | 4,513.20 | 34,654.61 | 39,367.81 | 31.67 |
| 18.00 | 166.67 | 141,521.65 | 4,513.20 | 39,480.89 | 43,994.10 | 61.84 |
| 18.20 | 166.67 | 145,757.57 | 4,513.20 | 41,985.18 | 46,506.38 | 64.09 |

Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah ITS, 2016.

Tabel 5: Data Daya Dukung Tiang dari hasil Sondir Wilayah Surabaya Timur.

| No. | Titik | Keda-laman | JHP | Cn | P tanah (ton) | | | | | | | |
|-----|-------|------------|------|-----|------------------------------|--------|--------|-----------------------|---------|---------|--|--|
| | | | | | Diameter tiang pancang bulat | | | Tiang pancang persegi | | | | |
| | | | | | 30 | 40 | 50 | 30 x 30 | 40 x 40 | 50 x 50 | | |
| 1 | 3 | 2 | 62 | 5 | 2.35 | 3.65 | 5.22 | 2.244 | 3.659 | 5.407 | | |
| | | 3 | 112 | 5 | 3.29 | 4.91 | 6.79 | 2.844 | 4.459 | 6.407 | | |
| | | 4 | 172 | 8 | 5.12 | 7.67 | 10.63 | 4.464 | 7.019 | 10.107 | | |
| | | 5 | 228 | 8 | 6.18 | 9.08 | 12.39 | 5.136 | 7.915 | 11.227 | | |
| | | 6 | 286 | 7 | 7.04 | 10.11 | 13.56 | 5.532 | 8.309 | 11.553 | | |
| | | 7 | 342 | 5 | 7.62 | 10.68 | 14.01 | 5.604 | 8.139 | 11.007 | | |
| | | 8 | 396 | 8 | 8.87 | 12.46 | 16.36 | 6.552 | 9.536 | 12.920 | | |
| | | 9 | 494 | 24 | 14.96 | 22.46 | 31.21 | 13.128 | 20.704 | 29.880 | | |
| | | 10 | 604 | 40 | 20.80 | 31.92 | 45.13 | 19.248 | 30.997 | 45.413 | | |
| | | 11 | 724 | 40 | 23.06 | 34.93 | 48.90 | 20.868 | 32.917 | 47.813 | | |
| | | 12 | 844 | 48 | 27.20 | 41.30 | 57.90 | 24.528 | 39.104 | 56.880 | | |
| | | 13 | 966 | 50 | 29.97 | 45.20 | 63.04 | 26.592 | 42.123 | 60.987 | | |
| | | 14 | 1078 | 60 | 34.44 | 52.20 | 73.10 | 30.936 | 49.248 | 71.560 | | |
| | | 15 | 1198 | 65 | 37.88 | 57.31 | 80.14 | 33.876 | 53.835 | 78.127 | | |
| | | 16 | 1328 | 80 | 43.86 | 66.85 | 94.03 | 39.936 | 63.915 | 93.227 | | |
| | | 17 | 1442 | 100 | 50.72 | 78.09 | 110.70 | 47.304 | 76.405 | 112.173 | | |
| | | 18 | 1556 | 110 | 55.22 | 85.14 | 120.82 | 51.672 | 83.563 | 122.787 | | |
| | | 19 | 1682 | 120 | 59.95 | 92.49 | 131.31 | 56.184 | 90.912 | 133.640 | | |
| | | 20 | 1806 | 130 | 64.64 | 99.79 | 141.75 | 60.672 | 98.229 | 144.453 | | |
| | | 20.2 | 1830 | 140 | 67.45 | 104.58 | 149.05 | 63.96 | 103.947 | 153.267 | | |
| | | 20.4 | 1854 | 145 | 69.08 | 107.28 | 153.07 | 65.748 | 106.997 | 157.913 | | |
| | | 20.6 | 1884 | 143 | 69.17 | 107.20 | 152.70 | 65.508 | 106.411 | 156.847 | | |
| | | 20.8 | 1908 | 150 | 71.27 | 110.73 | 158.04 | 67.896 | 110.528 | 163.160 | | |

Sumber: Laboratorium Jalan Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Jawa Timur, 2016.

Sebenarnya setiap wilayah masih banyak data hasil Sondir di beberapa lokasi, namun dalam tulisan ini masing-masing diambil hanya satu lokasi sebagai perwakilan.

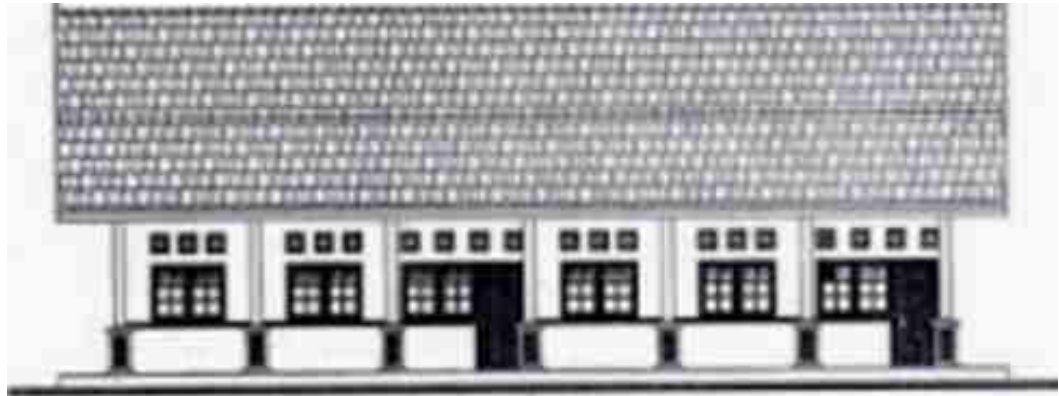
Selanjutnya Implementasi Struktur Bangunan Gedung sesuai kondisi Wilayah Kota Surabaya sebagai berikut:

1. Bangunan Gedung Sederhana.

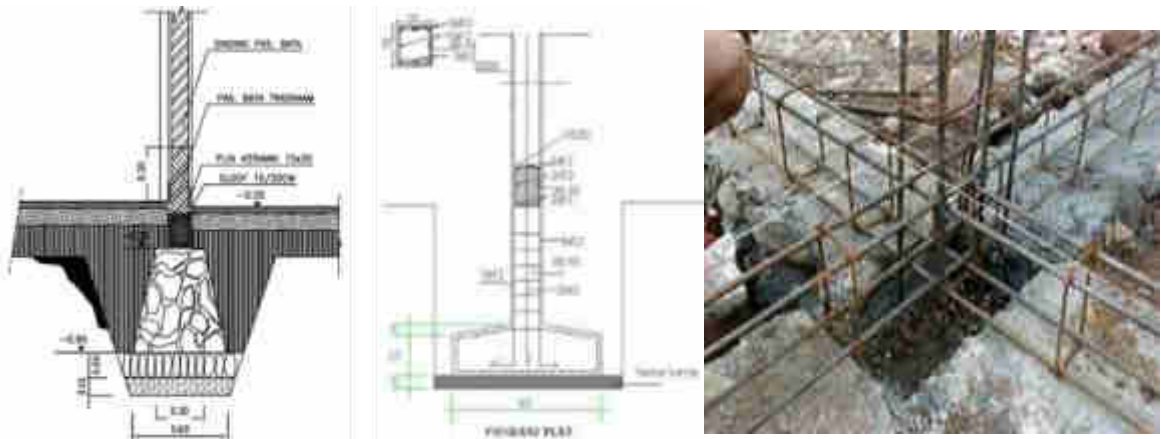
Untuk Bangunan sederhana, struktur rangka bangunan gedung mungkin tidak terlalu masalah karena cukup sederhana, dengan catatan persyaratan ketahanan Gempa tetap diperhitungkan secara praktis. Yang termasuk Bangunan Gedung sederhana antara lain:

- Rumah Tinggal, satu sampai 3 lantai
- Bangunan Gedung Sekolah, satu Lantai sampai dengan 3 lantai.
- Gedung Pamong Praja (Kantor Kecamatan, Kelurahan), satu sampai 2 lantai.
- Bangunan Gedung Puskesmas, satu sampai 2 lantai.
- Dan lain-lain

Struktur Pondasi untuk Bangunan satu lantai, biasa memakai jenis pondasi dangkal, cukup dengan Pondasi batu kali atau pelat beton setempat (umpak/foot plate) dilengkapi dengan sloof, kolom praktis dan ringbalk.

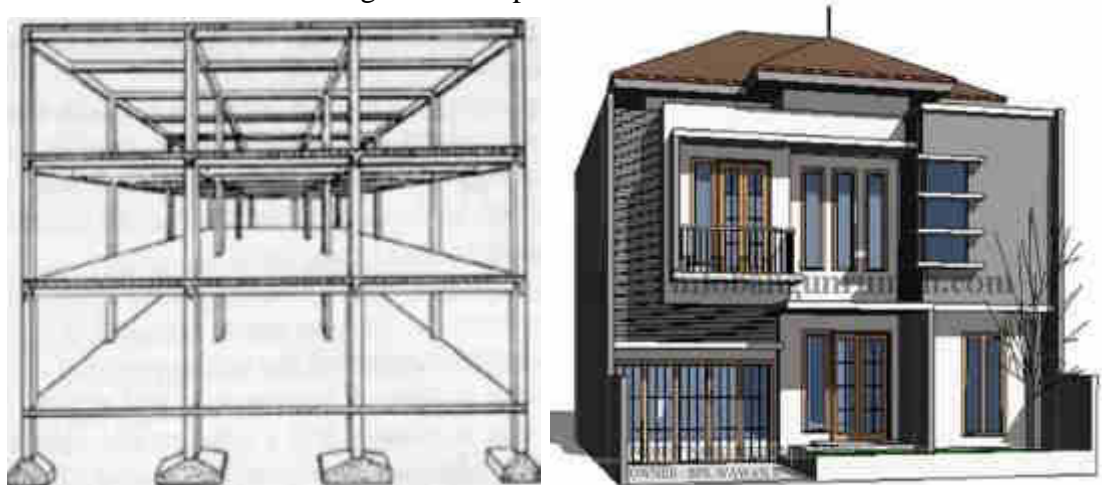


Gambar 3.9. Contoh Rumah 1 Lantai

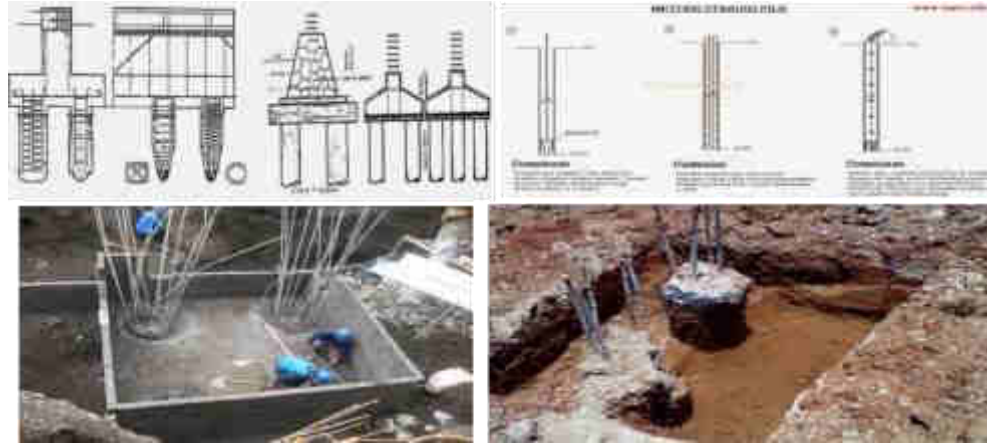


Gambar 3.10. Pondasi batu kali dan pelat sepatu beton

Struktur Bangunan Gedung antara 2 sampai dengan 3 lantai, biasa dipakai pondasi dengan kedalaman sedang, dengan kedalaman 3,00 sampai 8,00 m. Struktur Pondasi bisa Strauss beton bertulang atau mini pile.



Gambar 3.11. Bangunan Struktur Gedung, 2 dan 3 Lantai

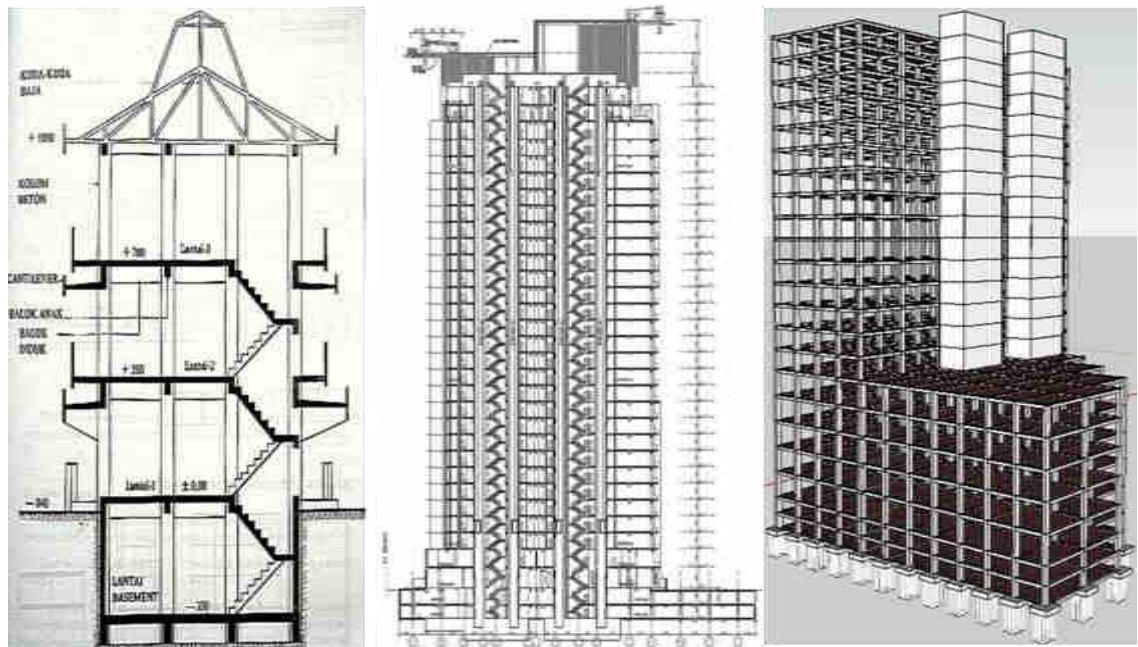


Gambar 3.12. Pondasi Strouss

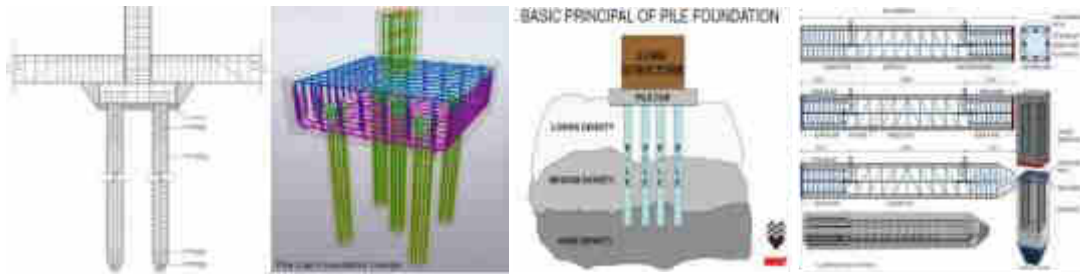
2. Bangunan Gedung Menengah dan Tinggi.

Kategori Gedung dengan ketinggian menengah (4 sampai 7 lantai) dan Gedung Tinggi (8 lantai keatas), untuk kondisi tanah di Surabaya yang sebagian besar tanah dasarnya lunak (Wilayah Pusat, Utara, Timur dan Selatan), sedangkan di wilayah Barat sebagian besar expansive. Kelas Situs tanah jenis ini adalah tergolong Kelas Situs SE. Seperti yang telah diuraikan pada sub bagian 3.1. diatas bahwa Kota Surabaya termasuk pada zona Gempa Kuat, sehingga analisa perhitungan Respon Spektra percepatan Gempa harus mengikuti ketentuan SNI 1726: 2012 seperti Gambar 3.4. diatas. Penyelidikan tanah harus teliti, yang paling akurat dilakukan adalah dengan Sondir dan Boring agar jenis masing-masing lapisan tanah dapat diketahui secara lebih akurat.

Pondasi yang sesuai dengan Struktu Gedung ini adalah bisa memilih Tiang Pancang atau Pondasi Bor pile, seperti yang disajikan dalam gambar-gambar berikut.



Gambar 3.13. Model Struktur Gedung Menengah dan Gedung Tinggi



Gambar 3.14. Pondasi Tiang Pancang



Gambar 3.15. Pondasi Bor pile dan contoh Data

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelusuran Pustaka maupun Empiris tentang Pembangunan Infrastruktur Gedung sesuai Daya Dukung Tanah di Wilayah Kota Surabaya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Bangunan Gedung sederhana di wilayah Surabaya, untuk bangunan satu lantai Struktur Pondasi cukup sederhana dengan material batu kali, tanpa melalui penyelidikan tanah terlebih dahulu, sedangkan untuk Bangunan 2 lantai bisa menggunakan pondasi beton Foot Plate berkombinasi dengan batu kali, atau Strauss dkkombinasi dengan batu kali.
2. Untuk Bangunan Gedung 3 lantai, wajib menggunakan Pondasi Strauss karena pertimbangan beban bangunan atas dan jenis tanah di wilayah Surabaya kelas Situs SE (lunak), dan selama ini sudah dilaksanakan untuk semua wilayah di Surabaya.
3. Bangunan Gedung 4 lantai keatas, wajib menggunakan Pondasi Tiang Pancang atau Bor Pile, melalui penyelidikan tanah secara teliti, agar perhitungan analisa Respon Spektra (S_a) mencapai ketelitian yang cukup akurat, karena ini akan menentukan nilai Peak Ground Acceleration (PGA) dan Time Period S_s atau S_1 .
4. Dengan adanya update Peta Gempa, maka perhitungan gempa pada Struktur Gedung Tingkat Menengah dan Tingkat Tinggi harus mengikuti ketentuan SNI 1726: 2012 dan NHRP 2003 atau FEMA 273.

DAFTAR PUSTAKA

1. ACI 318M-11, 2011 "*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*" American Concrete Institut, Farmington Hills MI 48331 USA, 2011.
2. ACI 318M-14, 2014 "*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*" American Concrete Institute, Farminton Hills MI 48331 USA, 2014.
3. Astawa D Made et al, 2016 "*Shear Behavior and Ductility Connections in Partial Prestressed Concrete Beam-Column Reinforced Concrete Frame Structure Story Building Due to Cyclic Lateral Loads*" Journal of Basic and Applied Scientific Research ISSN 2090-4304 www.textroad.com, August 2016.

4. Astawa D Made et al, 2015 “**Perilaku Properti dan Daktilitas Beton Pratekan Parsial hasil Uji Eksperimental, Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UNUD Denpasar.**
5. Astawa, D Made; Raka, I G. P.; and Tavio, 2016, “**Moment Contribution Capacity of Tendon Prestressed Partial on Concrete Beam-Column Joint Interior According to Provisions ACI 318-2008 Chapter 21.5.2.5(c) due to Cyclic Lateral Loads,**” MATEC Web of Conference, 58, 04005, EDP Sciences, Creative Commons Attribution License 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), DOI: 10.1051/mateconf/ 20165804005.
6. Astawa, D Made; Tavio; and Raka, I G. P., 2014, “**Behavior of Partially-Prestressed Concrete Exterior Beam-Column Joints for Highly-Seismic Zones,**” Proceeding of the 6th International Conference of Asian Concrete Federation, 21-24 Sept. 2014, Asian Concrete Federation (ACF), Seoul, Korea, pp. 589-594.
7. Astawa, D Made; Raka, I G. P.; and Tavio, 2013, “**Shear Behavior of Joint the Partial Prestressed Concrete Beam-Column Reinforced Concrete of Ductile Frame Structure Building in A Scure Residents and for Settlement Environment,**” Proceedings of the 4th International Conference on Applied Technology, Science, and Arts (APTECS-IV), Surabaya, Indonesia, December.
8. Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 7 Tahun 2009 tentang: “**Bangunan (Lembaran Daerah Kota Surabaya)**” Tahun 2009 Nomor 7 Tambahan Lembaran Daerah Kota Surabaya Nomor 7).
9. Peraturan Walikota Surabaya Nomor 42 Tahun 2011, tentang “**Rincian Tugas dan Fungsi Dinas Kota Surabaya**” terkait Pembangunan Infrastruktur Jalan Kota Surabaya dan Bangunan.
10. Peraturan Walikota Surabaya Nomor 57 Tahun 2015, tentang “**Pedoman Teknis Pengendalian Pemanfaatan Ruang**” dalam rangka Pendirian Bangunan di Kota Surabaya.
11. Peraturan Walikota Surabaya Nomor 58 Tahun 2015, tentang “**Pedoman Teknis Pelayanan Izin Mendirikan Bangunan**”.
12. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2005, tentang “**Peraturan Pelaksanaan Undang-undang Nomor 28 Tahun 2002**”.
13. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (sekarang Kementerian PUPR) Nomor: 06/PRT/M/2007, tentang “**Pedoman Umum Rencana Tata Bangunan dan Lingkungan (RTBL)**”.
14. SNI Committee 1727, 2013, “**Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain(SNI 1727:2013),**”Badan Standardisasi Nasional(BSN),Jakarta,198pp.
15. SNI Committee 2847, 2013, “**Pesyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013),**” Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta, 255 pp.
16. Suprobo P, 2017 “ **Dampak Updating Peta Gempa Indonesia terhadap Konstruksi**”, Workshop Peta Gempa dan RSNI Geoteknik Tahun 2016, Surabaya 12 Mei 2017.
17. Taghizadeh K, Seyedinnoor S, 2013 “**Super-Tall Buildings Forms Based on Structural Concepts and Energy Conservation Principles**” Copyright © 2013 Scientific & Academic Publishing. All Rights Reserved, <http://journal.sapub.org/arch>
18. Tata cara Pembangunan Gedung secara Nasional mengacu pada Undang-undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2002, tentang “**Bangunan Gedung**”.
19. UBC 2003, Uniform Building Code.